



(51) МПК

B23P 6/00 (2006.01)

B23H 9/00 (2006.01)

B22D 11/059 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006132973/02, 13.09.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.09.2006

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2008

(45) Опубликовано: 10.09.2008 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2119404 C1, 27.09.1998. RU 2270075  
C1, 20.02.2006. SU 1313610 A1, 30.05.1987. SU  
295354 A, 24.11.1972. WO 0124961 A,  
12.04.2001. JP 63-150109 A, 22.06.1998.

Адрес для переписки:

622031, Свердловская обл., г. Нижний Тагил,  
ул. Красногвардейская, 59, Нижнетагильский  
технологический институт УГТУ-УПИ (ф),  
директору В.Ф. Пегашкину

(72) Автор(ы):

Астафьев Геннадий Иванович (RU),  
Файншмидт Евгений Михайлович (RU),  
Пегашкин Владимир Федорович (RU),  
Пилипенко Василий Францевич (RU),  
Киричков Анатолий Александрович (RU),  
Данилин Юрий Анатольевич (RU),  
Веселов Александр Сергеевич (RU),  
Рышков Василий Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Уральский государственный технический  
университет - УПИ" (ГОУ УГТУ-УПИ) (RU)

## (54) СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ СТЕНОК КРИСТАЛЛИЗАТОРА ИЗ МЕДИ ИЛИ ЕЕ СПЛАВОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, а именно к способам восстановления рабочих стенок кристаллизатора, и может быть использовано для восстановления рабочих стенок кристаллизатора из меди или ее сплавов. Способ включает механическую обработку изношенных участков рабочих поверхностей стенок и нанесение на них двухслойного износостойкого покрытия. Нанесение покрытия осуществляют твердосплавными электродами на установке электроискрового легирования с вращением электрода-инструмента вокруг своей оси, его вибрацией и перемещением по поверхности изношенных участков рабочих стенок

кристаллизатора в поперечном и продольном направлениях. При этом процесс ведут при следующих режимах: напряжении холостого хода 50-210 В, токе короткого замыкания 1-20 А, частоте вибрации электрода-инструмента 50-500 Гц, частоте вращения электрода-инструмента вокруг своей оси 100-500 с<sup>-1</sup>, и перемещении в поперечном и продольном направлениях с частотой 10-600 Гц, амплитудой 2-90 мкм и со скоростью обработки 50-350 мм<sup>2</sup>/мин. Твердость первого слоя составляет 35-48 HRC, а второго слоя 48-55 HRC. Технический результат - упрощение технологии и повышение стойкости кристаллизаторов. 1 з.п. ф-лы, 1 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

**B23P 6/00** (2006.01)**B23H 9/00** (2006.01)**B22D 11/059** (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006132973/02, 13.09.2006**(24) Effective date for property rights: **13.09.2006**(43) Application published: **20.03.2008**(45) Date of publication: **10.09.2008 Bull. 25**

Mail address:

**622031, Sverdlovskaja obl., g. Nizhnij Tagil,  
ul. Krasnogvardejskaja, 59, Nizhnetagil'skij  
tekhnologicheskij institut UGTU-UI (f),  
direktoru V.F. Pegashkinu**

(72) Inventor(s):

**Astaŕev Gennadij Ivanovich (RU),  
Fajnshmidt Evgenij Mikhajlovich (RU),  
Pegashkin Vladimir Fedorovich (RU),  
Pilipenko Vasilij Frantsevich (RU),  
Kirichkov Anatolij Aleksandrovich (RU),  
Danilin Jurij Anatol'evich (RU),  
Veselov Aleksandr Sergeevich (RU),  
Ryshkov Vasilij Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet - UPI" (GOU UGTU-UI) (RU)**

(54) **METHOD OF RESTORATION OF WORKING WALLS OF CRYSTALLISER MADE OF COPPER OR ITS ALLOYS**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes; metallurgy.

SUBSTANCE: method includes mechanical treatment of worn out sections of working surfaces of walls and application of two-layer wear-resistant coating on them. Application of coating is performed with hard-alloy electrodes at the set of electrospark alloying with rotation of electrode-tool around its axis, its vibration and displacement on the surface of worn sections of working walls of crystalliser in transverse and longitudinal directions. At that process is carried out according to the following modes:

idle run voltage 50-210 V, short circuit current 1-20 A, frequency of electrode-tool vibration 50-500 Hz, frequency of electrode-tool rotation around its axis 100-500 s<sup>-1</sup>, and displacement in transverse and longitudinal directions with frequency of 10-600 Hz, amplitude of 2-90 micrometer and speed of processing 50-350 mm<sup>2</sup>/min. Hardness of the first layer makes 35-48 HRC, and of the second layer - 48-55 HRC.

EFFECT: simplification of technology and increase of crystallisers resistance.

2 cl, 1 tbl, 1 ex

Изобретение относится к области металлургии и может быть использовано при восстановлении рабочих стенок кристаллизатора.

При непрерывной разливке стали на МНЛЗ используются кристаллизаторы с медными стенками. Медь, имеющая высокую теплопроводность, обеспечивает быстрое образование корочки металла на поверхности образующегося слитка.

Вместе с тем, при движении слитка через кристаллизатор в зоне взаимодействия поверхностей образовавшегося слитка и медной стенки идет значительный абразивный износ меди, причем неравномерный на различных участках поверхности стенок. Наиболее подвержены износу боковые стенки. Это приводит к тому, что со временем нарушается исходная геометрия кристаллизатора.

После разливки определенного количества металла изношенные кристаллизаторы отправляют на ремонт, который заключается в механической обработке поверхности - острожке. Пройдя 4-8 циклов использования, медные стенки утилизируются.

В связи с тем, что медь является дорогостоящим металлом, металлурги предпринимают меры для сокращения ее удельного расхода в расчете на тонну выплавленной стали путем повышения стойкости стенок, это и использование износостойких марок медных сплавов (специальных видов бронз вроде БрХ1Цр, МН2.5КoКрХ и др.), и нанесение износостойких покрытий на поверхность стенок, и другие способы.

Однако такие способы обладают рядом существенных недостатков: теплопроводность таких сплавов ниже, чем у меди и, кроме того, изготовление специальных сплавов весьма дорого и трудоемко; значительное число металлургических заводов не имеет возможности для самостоятельного нанесения износостойкого покрытия после острожки стенок, для чего они должны отправлять их сторонним организациям, что удорожает и увеличивает сроки ремонта, заставляя расширять парк кристаллизаторов.

Эффективным способом увеличения износостойкости является упрочнение металла, достигаемое в процессе его холодной деформации. Однако при тех температурах, которые имеют медные стенки в процессе разливки (а это 300-400°C) в меди происходит процесс рекристаллизации, т.е. укрупнение зерен. Крупные зерна имеют меньшую твердость, из-за чего металл разупрочняется.

Известно, что добавление в медь небольшого количества серебра (в пределах до 0,1%) увеличивает температуру начала рекристаллизации до 350-400°C без снижения теплопроводности.

Сочетание этих двух факторов приводит к тому, что холоднодеформированные медные стенки, изготовленные из меди легированной серебром (МС) имеют высокую износостойкость ["Металлы и цены", №20, 2002].

Недостатком таких кристаллизаторов является его высокая стоимость.

Известен способ восстановления рабочих стенок кристаллизатора, изготовленных из меди или ее сплавов, установки непрерывной разливки стали, включающий механическую обработку под нанесение покрытия изношенных участков, примыкающих к углам кристаллизатора и расположенных в нижней части рабочих поверхностей, и нанесение на них износостойкого покрытия на основе медноникелевых сплавов [заявка 2108025, Великобритания, 28.10.81, МКИ В22D 11/04, НКИ В 3 F].

Однако данный способ отличается технологической сложностью, поскольку подготовку поверхности под нанесение покрытия и снятие лишнего покрытия выполняют шлифованием, а нанесение покрытия - гальванопластикой.

Известен способ изготовления кристаллизатора для непрерывного литья стали, включающий подготовку рабочих стенок под нанесение покрытия, напыление на них алюминиевого покрытия и сборку кристаллизатора, причем покрытие напыляют на поверхности взаимного соприкосновения рабочих стенок суммарной толщиной, при этом толщину покрытия на каждой поверхности соприкосновения устанавливают пропорциональной их износу, а сборку кристаллизатора проводят со стягивающим давлением на напыленную поверхность не более 20 МПа. Кроме того, при восстановлении поверхности взаимного соприкосновения рабочих стенок кристаллизатора остатки

изношенного покрытия удаляют дробью, подаваемой под давлением не менее 0,45 МПа [П. 2072664, 6 В22D 11/04, опубл. 27.01.1997].

Известен способ повышения стойкости кристаллизаторов путем нанесения защитных гальванических покрытий, разработанный в АК "Тулачермет".

5 Покрытие наносится электрохимическим способом и состоит из нескольких слоев: подслоя, основного износостойкого и верхнего слоев, каждый из которых имеет свое функциональное назначение. Подслой служит связующим между основным слоем и подложкой (рабочей поверхностью кристаллизатора). В качестве подслоя могут применяться металлы подгруппы железа. Основной слой является износостойким  
10 композиционным покрытием и представляет собой класс материалов, образованный из химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними.

В качестве основы износостойкого слоя применяют металлы подгруппы железа. Основной слой наносится с помощью специального электролита, содержащего дисперсные частицы определенных фракций.

15 Верхний слой является стабилизирующим и служит для улучшения качества поверхности основного слоя. В качестве материалов стабилизирующего слоя применяют хром. Толщина защитного покрытия составляет около 200 мкм. При этом толщина связующего подслоя примерно соответствует толщине основного слоя, а толщина верхнего слоя составляет 10-20 мкм (Труды 2-го конгресса сталеплавателей. Липецк, 12-15  
20 октября 1993 г., Москва, 1994, А.М.Новоселов, Ю.А.Данилович. Повышение стойкости кристаллизаторов путем нанесения защитных покрытий, с.283-284).

Наиболее близким к предлагаемому является способ восстановления рабочих стенок кристаллизатора, включающий механическую обработку изношенных участков, примыкающих к углам кристаллизатора и расположенных в нижней части рабочих  
25 поверхностей стенок, изготовленных из меди или ее сплавов, и нанесение на них износостойкого покрытия, причем в качестве механической обработки используют дробеструйную обработку, при этом обработке подвергают участки шириной, превышающей размеры изношенных участков не менее чем на 0,5 ширины полосы напыления, а на изношенные участки напыляют газотермическое покрытие толщиной не  
30 более 3,0 мм [П. 2119404, В22D 11/04, опубл. 27.09.1998].

Недостатком приведенных выше способов является невысокая стойкость отремонтированных кристаллизаторов.

Электролитические покрытия отличаются высокими внутренними напряжениями, которые возникают в результате перехода неустойчивой гексагональной структуры  
35 кристаллов электролитического хрома в объемно центрированную кубическую структуру. Остаточные напряжения усиливают вероятность растрескивания хромовых покрытий и шелушения их при обработке, что снижает прочность его сцепления с основным материалом.

В результате этого покрытие легко подвергается абразивному износу, в нем быстро  
40 зарождаются и распространяются трещины, приводящие к разрушению покрытия, что снижает стойкость кристаллизаторов.

Наибольший интерес при этом представляют методы, с помощью которых достигается значительное упрочнение поверхностных слоев медных пластин кристаллизаторов. Основным достоинством поверхностной обработки медных пластин является сочетание  
45 высокой твердости и прочности поверхностного слоя с вязкостью и высокой пластичностью основы кристаллизаторов.

Значительный эффект поверхностного упрочнения достигается за счет повышения не только твердости, но и износо- и коррозионной стойкости рабочих стенок кристаллизаторов.

Для реализации указанных достоинств в промышленных условиях представляют  
50 интересы методы упрочнения концентрированными потоками энергии, в том числе с использованием электрических разрядов.

Наиболее простым при этом является способ электроискрового легирования. Электроискровое легирование особенно эффективно для повышения стойкости медных

кристаллизаторов в условиях их большой стоимости и дефицита.

Технической задачей изобретения является упрощение технологии восстановления рабочих стенок кристаллизатора и повышение их стойкости.

При этом техническим результатом изобретения является сокращение расхода меди на 1 т разливаемой стали.

Технический результат достигается за счет того, что на поверхности изношенных участков рабочих стенок кристаллизатора наносят двухслойное износостойкое покрытие твердосплавными электродами на установке электроискрового легирования с вращением электрода-инструмента вокруг своей оси, его вибрацией и перемещением по поверхности изношенных участков рабочих стенок кристаллизатора в поперечном и продольном направлениях, при этом нанесение покрытия осуществляют при следующих режимах: напряжении холостого хода 50-210 В, токе короткого замыкания 1-20 А, частоте вибрации электрода-инструмента 50-500 Гц, частоте вращения электрода-инструмента вокруг своей оси 100-500 с<sup>-1</sup>, и перемещении в поперечном и продольном направлениях с частотой 10-600 Гц, амплитудой 2-90 мкм и со скоростью обработки 50-350 мм<sup>2</sup>/мин, кроме того, наносят двухслойное износостойкое покрытие с твердостью первого слоя 35-48 HRC, а второго слоя 48-55 HRC.

Для осуществления предлагаемого технического решения обрабатываемые пластины кристаллизатора подвергают электроискровой обработке известными способами. В зависимости от исходных физико-химических свойств обрабатываемой поверхности устанавливают режимы обработки и вид легирующего материала - электрода.

В процессе легирования материал электрода переносится на обрабатываемую поверхность медных пластин, образуя слой высокопрочного покрытия из легирующего материала.

В результате исследований на опытно-экспериментальных образцах были отработаны режимы упрочнения электроискровым легированием с использованием в качестве электродов тугоплавких материалов.

В качестве электродов были опробованы следующие легирующие материалы: ВК 15, Т15К6, ВК6, ВК8, Cr, Ni и др.

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом (общий пример способа). На рабочие стенки кристаллизатора наносили электроискровое покрытие из двух слоев при следующих режимах:

напряжении холостого хода 50-210 В, токе короткого замыкания 1-20 А, частоте вибрации электрода-инструмента 50-500 Гц, частоте вращения электрода-инструмента вокруг своей оси 100-500 с<sup>-1</sup>, электрод-инструмент перемещают по поверхности пластин в поперечном и продольном направлениях с частотой 10-600 Гц и амплитудой 2-90 мкм со скоростью обработки 50-250 мм<sup>2</sup>/мин. Твердость нанесенного первого слоя составляет 35-48 HRC, а твердость второго слоя составляет 48-55 HRC.

Заявляемые пределы параметров операций обосновываются следующим.

Установлено, что при нанесении электроискрового легирования с частотой вращения электрода-инструмента вокруг своей оси менее 100 с<sup>-1</sup> при скорости обработки более 250 мм<sup>2</sup>/мин невозможно достичь технического результата изобретения, т.к. образуются слишком толстые слои, обладающие низкой адгезией с медными пластинами кристаллизатора. Увеличение частоты вращения свыше 500 с<sup>-1</sup> при скорости обработки меньшей 50 мм<sup>2</sup>/мин, приводит к образованию слишком тонких слоев, которые быстро изнашиваются.

Также установлено, что для достижения технического результата заявляемого изобретения, кроме вибрации электрода-инструмента и вращения его вокруг своей оси, необходимо перемещать электрод-инструмент в поперечном и продольном направлениях. Перемещение в каждом направлении с частотой менее 10 Гц, амплитудой менее 2 мкм не позволяет достичь технического результата изобретения, т.к. покрытие получается недостаточным по толщине, сплошности и износостойкости. Перемещение с частотой

более 600 Гц, амплитудой более 90 мкм не приводит к увеличению толщины, сплошности, износостойкости и технически нецелесообразно.

При подборе материала электродов учитывали, чтобы теплопроводность легирующих материалов должна быть близкой к теплопроводности чистой меди.

5

Таблица						
Оценка эффективности работы опытной партии кристаллизаторов						
Кол-во плавков опытных кристаллизаторов			Кол-во плавков, отлитых по способу-прототипу			Отношение показателей опытных и
Общее	Среднее между ремонтами	Кол-во ремонтов	Общее	Среднее между ремонтами	Кол-во ремонтов	отлитых
						по прототипу
675	112,5	6	632	90,2	7	1,24
755	94,3	8	622	88,8	7	1,06
688	98,3	7	660	82,5	8	1,19
696	99,4	7	590	98,3	6	1,01
740	92,5	8	605	86,4	7	1,07

10

15 В результате использования способа электроискрового легирования удалось достичь межремонтную стойкость стенок слывовых кристаллизаторов до 112 плавков (объем плавки 155 т). Для сравнения стойкость стенок из обычной меди 50-65 плавков. Средняя стойкость кристаллизаторов, отремонтированных по способу-прототипу, составляла 88-90 плавков.

20 В качестве материала электрода использовали твердые и высокоуглеродистые сплавы. Для эффективного охлаждения электрод выполняют трубчатым и охладитель подается вовнутрь электрода.

Пример конкретной реализации способа.

25 Восстанавливали медные стенки кристаллизатора с размерами: длина 700 мм, ширина 200 мм. Рабочие стенки выполнены из меди марки МН 2. Рабочие стенки после острожки на глубину 2 мм подвергали электроискровому легированию, при этом наносили два слоя упрочняющего покрытия. Первый упрочняющий слой наносили электродом из Cr-Ni сплава, толщина 1-го слоя составила 0,20 мм, затем наносили второй упрочняющий слой электродом ВК 6 толщиной 0,25 мм. Упрочнение осуществляли при следующих режимах:

30 напряжении холостого хода - 110 В, токе короткого замыкания 5 А, емкость конденсаторов 1150 мкФ, частота вращения электрода-инструмента вокруг своей оси 100 с<sup>-1</sup>, электрод-инструмент перемещают по поверхности пластин в поперечном и продольном направлениях с частотой 150 Гц и амплитудой 40 мкм со скоростью обработки 250 мм<sup>2</sup>/мин.

35 При нанесении электроэрозионных слоев сплошность покрытия достигала до 92%, при этом твердость 1-го слоя составляла 38 HRC, а толщина слоя покрытия 0,20 мкм, твердость 2-го слоя составила 48 HRC, а толщина слоя покрытия 0, 30 мкм. Для охлаждения электрода использовали сжатый воздух.

40 Результаты металлографических исследований показали, что основной материал как в исходном состоянии, так и после обработки электроискровым легированием свою структуру не меняет. Это способствует повышению прочности сцепления электроискрового покрытия с основным материалом пластин.

45 Исследование поверхности рабочих стенок, на которые ранее были нанесены покрытия, после разборки кристаллизаторов во время очередного ремонта показало, что почти на всей зоне электроискрового легирования покрытие сохранилось, кроме участков на ее границе, где оно было наиболее тонким. Это свидетельствует о достаточно высокой прочности сцепления покрытия с медной основой стенки.

50 Достигнутые показатели стойкости показывают, что стенки кристаллизаторов, отремонтированные электроискровым легированием, это наиболее простой и дешевый способ уменьшения удельного расхода дорогостоящей меди при разливке стали, а следовательно, уменьшения затрат и увеличения экономической эффективности металлургического производства.

Таким образом, заявляемое техническое решение полностью выполняет поставленную задачу, применение нового способа позволяет получать покрытия с высокими эксплуатационными свойствами, особым микрорельефом поверхности и высокой прочностью сцепления.

5 Достоинством данного технического решения является:

- высокая прочность сцепления нанесенного материала электрода с медной основой за счет взаимного диффузионного механического перемешивания;

- возможность локального нанесения покрытия без специальной защиты остальной поверхности;

10 - отсутствие изменений физико-механических свойств медных пластин;

- сравнительная простота технологии, которая не требует специальной предварительной обработки поверхности.

Заявляемое техническое решение не известно в Российской Федерации и за рубежом и отвечает требованиям критерия "новизна".

15 По имеющимся у заявителя данным в известных решениях отсутствуют признаки, сходные с признаками, которые отличают заявляемое техническое решение от прототипа, что позволяет сделать вывод о его соответствии критерию "изобретательский уровень".

Техническое решение может быть реализовано промышленным способом в условиях серийного производства с использованием известных технических средств, технологий и материалов и отвечает требованиям критерия "промышленная применимость".

20

#### Формула изобретения

1. Способ восстановления рабочих стенок кристаллизатора из меди или ее сплавов, включающий механическую обработку изношенных участков рабочих поверхностей стенок

25

и нанесение на них износостойкого многослойного покрытия, отличающийся тем, что на поверхности изношенных участков рабочих стенок кристаллизатора наносят двухслойное износостойкое покрытие твердосплавными электродами на установке электроискрового легирования с вращением электрода-инструмента вокруг своей оси, его вибрацией и перемещением по поверхности изношенных участков рабочих стенок кристаллизатора в

30

поперечном и продольном направлениях, при этом нанесение покрытия осуществляют при следующих режимах: напряжении холостого хода 50-210 В, токе короткого замыкания 1-20 А, частоте вибрации электрода-инструмента 50-500 Гц, частоте вращения электрода-инструмента вокруг своей оси 100-500 с<sup>-1</sup> и перемещении в поперечном и продольном направлениях с частотой 10-600 Гц, амплитудой 2-90 мкм и со скоростью обработки 50-

35

350 мм<sup>2</sup>/мин.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что наносят двухслойное износостойкое покрытие с твердостью первого слоя 35-48 HRC, а второго слоя 48-55 HRC.

40

45

50







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

(21) Регистрационный номер заявки: 2006132973

Дата прекращения действия патента: 14.09.2008

Извещение опубликовано: 27.07.2010      БИ: 21/2010

---

RU 2 333 087 C 2

RU 2 333 087 C 2